

PEMBUATAN MAGNET BONDED PERMANEN PrFeB DENGAN BINDER POLYESTER DAN SILICONE RUBBER

Hilda Ayu Marlina², Syahrul Humaidi², Manis Sembiring², Perdamean Sebayang¹

ayuhilda90@yahoo.com

¹Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Kompleks Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314, Indonesia

²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara

Jalan Bioteknologi No.1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan *bonded magnet* PrFeB type MQEP 16-7 dengan *binder polyester* dan *silicone rubber*. Keunggulan dari *bonded magnet* ini dapat diaplikasikan pada komponen berbentuk kecil dan rumit. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh matriks *polyester* dan *silicone rubber* terhadap sifat mekanik dan magnetik pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB. Proses pembuatan *bonded magnet* PrFeB dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk magnet PrFeB dan masing-masing *binder* dengan variasi komposisi *binder* (%berat) 2, 4, 6, dan 8. Untuk setiap cuplikan dibutuhkan 8 gram massa total cuplikan *bonded magnet* PrFeB. Setelah campuran serbuk dibuat, kemudian dicetak menggunakan metode *compression moulding* dengan tekanan sampel sebesar 5 ton. Suhu pengerasan (*curing temperature*) cuplikan 150 °C untuk *bonded magnet binder polyester* dan suhu ruang untuk *bonded magnet binder silicone rubber*. Karakterisasi cuplikan terdiri dari pengujian sifat magnet dan sifat mekanik. Dari hasil penelitian diperoleh kuat medan magnet terbaik yaitu pada pembuatan *bonded magnet* dengan 2% *binder silicone rubber* sebesar 1156,9 G dan menghasilkan energi produk $(BH)_{\max}$ 9,15 MGOe, serta nilai kekerasan Brinell 10,4 BHN dan kekuatan tekan 22,3 MPa.

Kata kunci : *Bonded magnet*, PrFeB, *polyester*, *silicone rubber*, sifat magnet, sifat mekanik

Abstract

Research on fabrications of bonded magnets PrFeB type MQEP 16-7 with polyester and silicone rubber binder has been done. The purpose of this study is determination of the effect of polyester and silicone rubber matrix on the mechanical and magnetic properties in the manufacture of bonded magnets PrFeB. The process of fabrications bonded magnets PrFeB made by mixing powder and magnets PrFeB respectively - each with variations binder composition (wt%) are 2, 4, 6, and 8. For each sample takes 8 grams total mass of bonded magnets PrFeB. The samples were made by using compression molding method with a sample pressure of 5 tons. Curing temperature of 150° C for samples bonded magnet with polyester binder and room temperature for samples bonded magnet with silicone rubber binder. The results showed that the best magnetic field derived from the manufacture of bonded magnets with the addition of 2% silicone rubber binder at 1156.9 G and energy product $(BH)_{\max}$ 9.15 MGOe, with a value of 10.4 BHN Brinell hardness and compressive strength of 22.3 MPa.

Keywords: *Bonded magnet*, PrFeB, *polyester*, *silicone rubber*, magnetic properties, mechanical properties

1. PENDAHULUAN

Penggunaan magnet khususnya magnet permanen dewasa ini menunjukkan perkembangan yang amat pesat. Magnet permanen merupakan material magnet dengan aplikasi luas yang banyak digunakan pada industri-industri di Indonesia, namun pemenuhan komponen magnet permanen sampai saat ini masih bergantung pada produk impor, seperti dari Jepang dan China. Hal ini dikarenakan belum adanya produsen magnet permanen lokal dalam negeri (Sardjono, 2012). Magnet permanen ini banyak digunakan sebagai komponen pada televisi, telepon, komputer, dan pada bidang otomotif. Penggunaan magnet permanen pada bidang otomotif, misalnya untuk *starter*, *door lock*, dan *wiper*. Dari contoh di atas menunjukkan bahwa bahan magnet yang mempunyai kekuatan tinggi akan menghasilkan peningkatan efisiensi operasi dan

pengurangan berat. Dari tahun 1990 hingga 2000 konsumsi magnet meningkat mencapai 12,2 % untuk setiap tahunnya. Diperkirakan pada tahun 2000 nilai produksi magnet dunia mencapai \$ 6,5 juta (Deswita, 2007). Untuk kondisi sekarang, termasuk untuk kebutuhan magnet di Indonesia, hasil analisis pasar menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan magnet untuk meteran air cukup tinggi, secara kumulatif sampai 1 juta pcs/tahun. Disamping itu, tingkat kebutuhan magnet permanen dalam pengembangan magnet permanen kualitas tinggi untuk motor listrik difokuskan untuk mendukung pengembangan mobil listrik Nasional (Sardjono, 2012).

Dewasa ini terdapat tiga bahan magnet permanen komersil, antara lain *ferrite*, AlNiCo, dan paduan berbasis Samarium-Cobalt (paduan antar logam SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$). Magnet *ferrite* memiliki energi

produk 5 MGOe, AlNiCo dapat menghasilkan energi produk sebesar 13 MGOe, dan magnet Sm-Co dapat menghasilkan energi produk sebesar 20 MGOe. Meskipun magnet Sm-Co dapat menghasilkan energi produk sebesar 20 MGOe, harganya relatif mahal, sehingga magnet tersebut jarang digunakan dalam skala besar (Deswita, 2007). Dalam perkembangan magnet beberapa tahun terakhir, ditemukan magnet Re-Fe-B dengan energi produk mencapai 50 MGOe. Magnet Re-Fe-B merupakan magnet permanen yang terbuat dari paduan logam tanah jarang (Re) berjenis Neodymium (Nd) atau Praseodymium (Pr), logam Besi (Fe), dan Boron (B) dengan fasa magnet $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ atau $\text{Pr}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ yang memiliki struktur kristal tetragonal (Kurniawan, 2013). Selain memiliki sifat magnet intrinsik yang lebih baik, magnet ReFeB relatif lebih murah dibandingkan dengan magnet Samarium-Cobalt (Deswita, 2007). Meskipun PrFeB dan NdFeB sama-sama merupakan magnet logam tanah jarang, magnet NdFeB dan PrFeB memiliki perbedaan sifat magnet, antara lain temperaur curie (T_C) dan energi produk (BH)_{max} yang dihasilkan. Magnet PrFeB memiliki temperatur curie (T_C) yang lebih rendah dibandingkan magnet NdFeB, yaitu senilai 291 °C. Namun demikian, PrFeB memiliki nilai energi produk (BH)_{max} yang lebih tinggi daripada NdFeB yaitu senilai 14,3-16,3 MGOe (*MQP Product Specification*). Oleh sebab itu, magnet PrFeB dapat diaplikasikan pada ukuran yang lebih kecil.

Sejalan dengan perkembangan magnet permanen PrFeB, telah dikembangkan pembuatan magnet komposit (magnet *bonded*) berbasis material yang sama. Magnet komposit ini bersifat mudah dibentuk dengan pengerjaan yang sederhana sehingga menghasilkan produk yang lebih inovatif, memiliki daya saing, serta memiliki keunggulan dalam sifat mekaniknya jika dibandingkan dengan bahan magnet keramik yang cenderung mudah patah. Bahan magnet komposit umumnya diaplikasikan pada alat-alat yang memiliki sifat magnetik yang kurang tinggi seperti alat listrik rumah tangga dan mainan anak-anak. Berkembangnya industri mainan dan makin tingginya pemakaian alat listrik rumah tangga memberikan peluang yang baik pada pengembangan dan produksi *magnet bonded*. Magnet komposit ini dibuat dari bahan magnet yang dicampur atau diikat (*bonded*) dengan bahan pengikat bukan magnet, seperti bahan polimer contohnya *polyester* dan *silicone rubber* (Yulianti, 2005).

Resin poliester merupakan jenis polimer termoset. Beberapa sifat dan kelebihan yang dimiliki oleh *polyester resins* sebagai matriks adalah ketahanannya terhadap panas dan kelembaban (temperatur operasi maksimum poliester bernilai 150-175 °C, sifat mekanik yang baik tahan terhadap bahan-bahan kimia, sifat adhesifnya yang baik terhadap berbagai bahan, dan resin poliester ini mudah diproses.

Silicone rubber merupakan elastomer (sama halnya dengan material karet) polimer berupa silikon, yang mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen, yang terdiri dari satu atau dua bagian polimer dan berisi pengisi untuk meningkatkan sifat atau mengurangi biaya. *Silicone rubber* (SiR) merupakan bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi, yaitu pada suhu -55°

sampai 200°C, yang biasanya digunakan untuk isolasi kabel dan bahan isolator tegangan tinggi (Asy'ari, 2008). Karena sifat-sifat kemudahan pembuatan dan pembentukan, karet silikon dapat ditemukan dalam berbagai macam produk, termasuk aplikasi otomotif, alat-alat elektronik, serta pada peralatan medis dan implan.

Untuk memenuhi kebutuhan magnet permanen, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan magnet komposit (magnet permanen *bonded*) dengan mencampurkan bahan serbuk magnet *Praseodymium Iron Boron* (PrFeB) komersil type MQEP 16-7 dengan bahan polimer serbuk *polyester* dan *liquid silicone rubber*, karena mempunyai sifat yang mudah dibentuk. Selain menghasilkan sifat magnet yang baik, dari pembuatan magnet komposit ini diharapkan keunggulan dalam sifat mekaniknya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk *Praseodymium Iron Boron* (PrFeB) komersil type MQEP 16-7 produksi Magnequench China, *silicone rubber* RTV 683 (dalam bentuk *liquid*), dan serbuk *polyester*.

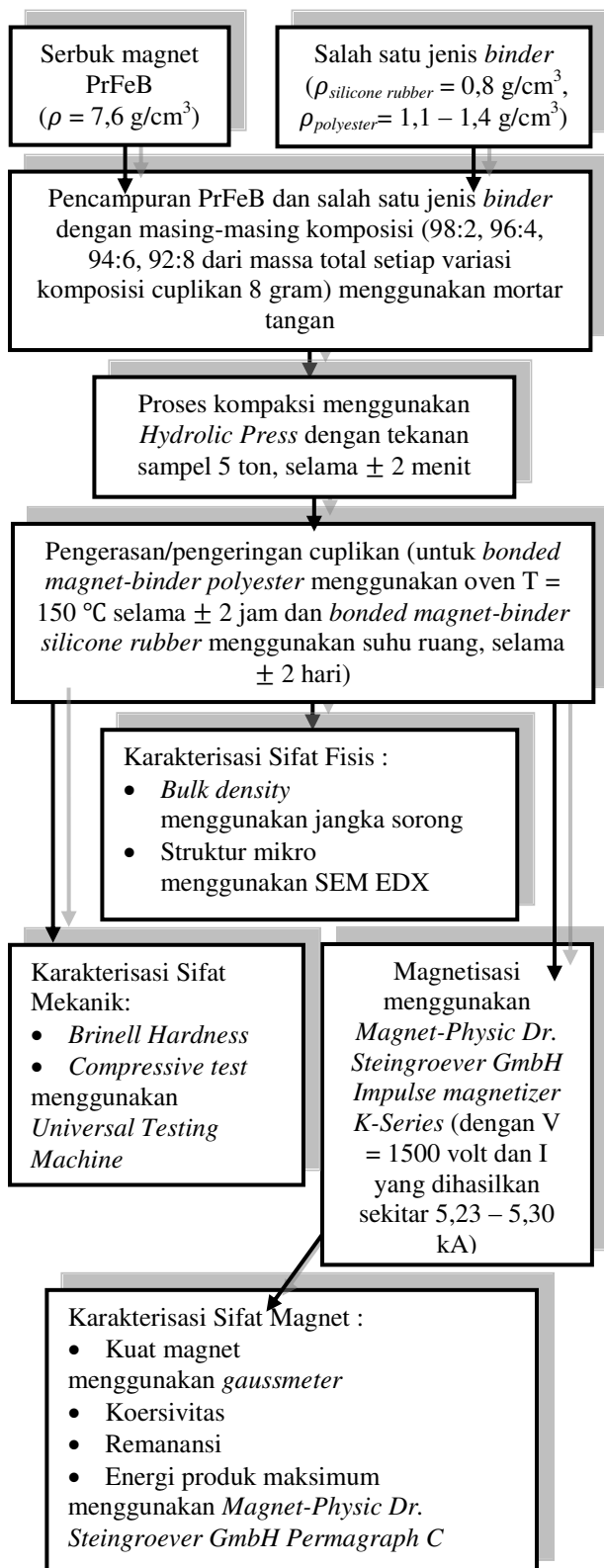
2.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah spatula, mortar tangan, cawan, oven T_{max} 250 °C merek WTC Binder, jangka sorong digital merek Krisbrow, cetakan (*moulding*), neraca digital 4 digit merek Excellent D-J Series, alat kompaksi *Hydraulic press* $P_{\text{piston}} = 700 \text{ kg/cm}^3$, dan alat magnetisasi dengan merek *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Impulse magnetizer K-Series*. Pengujian sifat magnetik yaitu untuk kuat medan magnet menggunakan *gaussmeter* merek Alpha Lab Inc., model GM-2 dan pengujian untuk kurva histerisis menggunakan *permagraph* merek *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C*. Pengujian sifat mekanik, baik *compressive test* maupun *Brinell hardness* dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine, made in India*.

2.3 Cara Kerja

2.3.1 Pembuatan Magnet Bonded PrFeB

Tahap yang dilakukan pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* maupun *binder polyester* dapat dilihat pada diagram alir (gambar 2.1.).



Gambar 2.1. Diagram Alir Pembuatan Magnet Bonded PrFeB

2.3.2. Karakteristik Sifat Fisis

Dalam penelitian ini, karakteristik sifat fisis *bonded magnet* PrFeB terdiri dari pengujian densitas menggunakan metode *bulk density* dan pengujian struktur mikro menggunakan SEM. Pengujian densitas menggunakan metode *bulk density* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut 2.1.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

dengan : ρ = densitas sampel (g/cm^3), m = massa sampel (g), dan v = volume dimensi sampel (cm^3). Sedangkan mikro struktur dapat dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). *Scanning Electron Microscope* adalah alat yang dapat memberikan hasil detail permukaan sampel dan objek yang diamati secara tiga dimensi. Tujuan dilakukannya pengujian analisis mikro struktur sampel adalah untuk mengetahui mikro struktur bahan dalam gambar tiga dimensi.

2.3.3. Karakterisasi Sifat Mekanik

Karakterisasi sifat mekanik yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian cuplikan terhadap kuat tekan (*compressive test*) dan pengujian terhadap kekerasan Brinell (*Brinell Hardness*). Pengujian kekerasan cuplikan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kekerasan dengan metode Brinell menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi permukaan cuplikan dengan bola baja berdiameter 10 mm pada beban 3000 kg. Permukaan yang akan diuji harus relatif halus (Dieter, 1986). Brinell Hardness Number (BHN) dinyatakan dengan persamaan 2.2.

$$BHN = \frac{P_{\max}}{(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.2)$$

dengan: P_{\max} = beban yang diberikan (kg), D = diameter bola (mm), d = diameter lekukan hasil penekanan (mm) dengan rumus $d = 2\sqrt{r^2 - (r^2 - \text{displ}^2)}$, dan BHN = *Brinell Hardness Number* atau Nilai Kekerasan Brinell (kgf/mm^2 atau BHN).

Pengujian cuplikan terhadap kuat tekan dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dengan beban maksimal 100 kN. Nilai kuat tekan dapat ditentukan dengan persamaan 2.3.

$$s = \frac{P_{\max}}{A_o} \quad (2.3)$$

dengan: s = kuat tekan (Pa), P_{\max} = beban yang diberikan (kN), dan A_o = luas permukaan sampel yang dikenai beban (mm^2).

2.3.4. Karakterisasi Sifat Magnet

Karakterisasi sifat magnet yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian cuplikan terhadap kuat medan magnet menggunakan gaussmeter dan pengujian cuplikan terhadap remanansi, koersifitas, maupun energi produk yang ditampilkan pada kurva histeresis magnet menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C*.

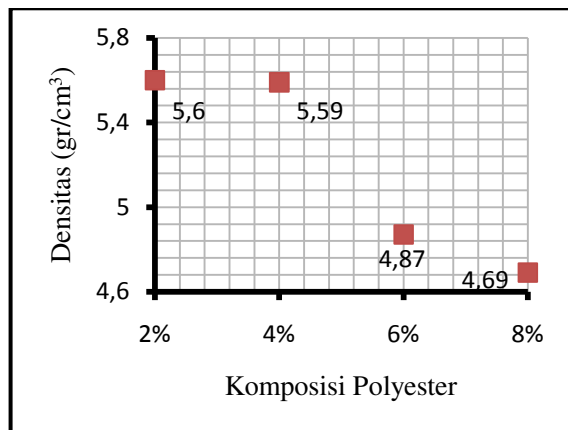
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisis

Hasil pengujian sifat-sifat fisis yaitu sebagai berikut.

3.1.1. Hasil Pengujian Densitas

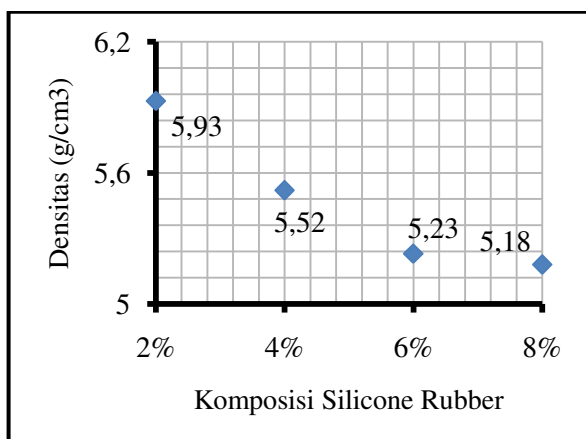
Dari penelitian yang telah dilakukan, densitas *bonded magnet* PrFeB untuk tiap variasi komposisi *polyester* yang didapatkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Densitas Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Polyester

Dari gambar 3.1. di atas, dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi serbuk *polyester* (%berat) yang ditambahkan pada serbuk PrFeB, maka densitas *bonded magnet* PrFeB yang dihasilkan semakin menurun. Densitas terbaik yang didapatkan pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* yaitu pada penambahan 2% *polyester* senilai 5,6 gr/cm³. Nilai densitas tersebut terus menurun sebanding dengan bertambahnya *polyester* (%berat) pada PrFeB. Hal ini disebabkan oleh densitas maksimum *polyester* jauh lebih kecil daripada densitas maksimum PrFeB. Seperti yang telah diketahui, densitas maksimum yang dimiliki serbuk *polyester* senilai 1,1-1,4 g/cm³ (Stuart, 2003) dan densitas maksimum yang dimiliki serbuk magnet PrFeB senilai 7,61 g/cm³ (MQP Product Specification, 2011).

Tidak jauh berbeda dengan hasil pengujian densitas yang didapatkan pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester*, hasil pengujian densitas *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* juga menunjukkan bahwa komposisi *silicone rubber* mempengaruhi densitas *bonded magnet* PrFeB. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3.2.

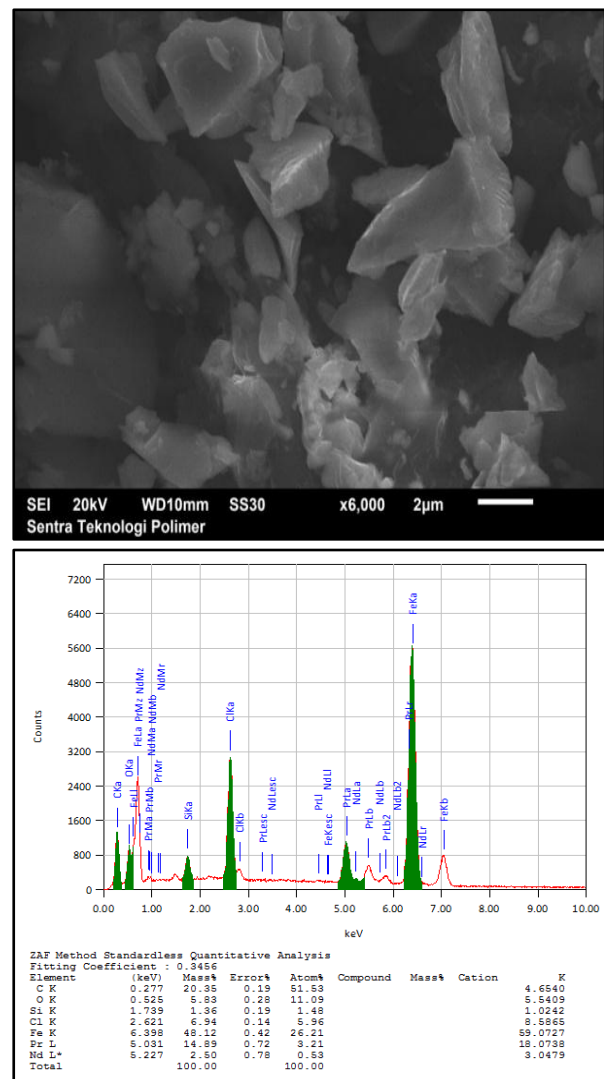


Gambar 3.2. Densitas Bonded Magnet PrFeB terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Silicone Rubber

Dari gambar 3.2. dapat dilihat bahwa densitas terbaik yang diperoleh pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* yaitu pada penambahan 2% *silicone rubber*, senilai 5,9 gr/cm³. Nilai densitas tersebut terus menurun sebanding dengan bertambahnya *silicone rubber* (%berat) pada serbuk magnet PrFeB. Hal ini disebabkan karena *silicone rubber* memiliki densitas maksimum yang lebih rendah dibandingkan densitas maksimum PrFeB. Densitas maksimum yang dimiliki *silicone rubber* senilai 0,8 g/cm³ (Stuart, 2003). *Bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone* memiliki nilai yang lebih baik daripada densitas *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester*. Hal tersebut dipengaruhi oleh jenis *silicone rubber* dengan bentuk *liquid* yang menyebabkan serbuk magnet PrFeB (sebagai *filler*) lebih mudah masuk ke dalam matriks *silicone rubber*.

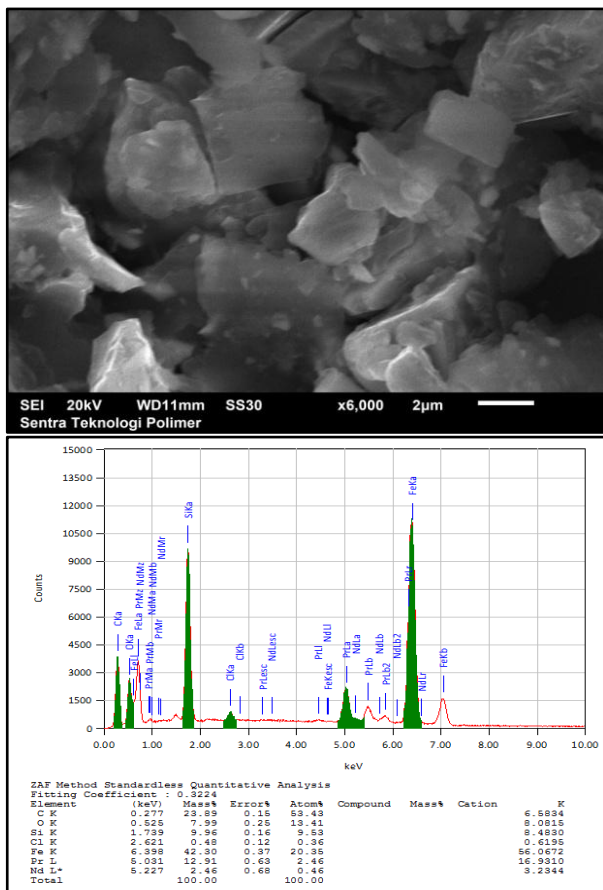
3.1.2. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengujian struktur mikro *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hasil SEM EDX Cuplikan Bonded Magnet PrFeB dengan 2% Binder Polyester

Hasil pengujian struktur mikro *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* menggunakan SEM EDX dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Hasil SEM EDX Cuplikan Bonded Magnet PrFeB dengan 2% Binder Silicone Rubber

Dari Hasil SEM EDX pada gambar 3.3., dapat dilihat bahwa serbuk magnet PrFeB (sebagai *filler*) belum tercampur secara merata (homogen) pada matriks *polyester*, hal ini diperlihatkan dengan adanya daerah hitam dan kabur yang sangat dominan pada struktur mikronya. Ketidakhomogenan ini disebabkan oleh tidak sempurnanya proses pencampuran manual (yang dilakukan menggunakan mortar) antara serbuk PrFeB dengan serbuk *polyester*.

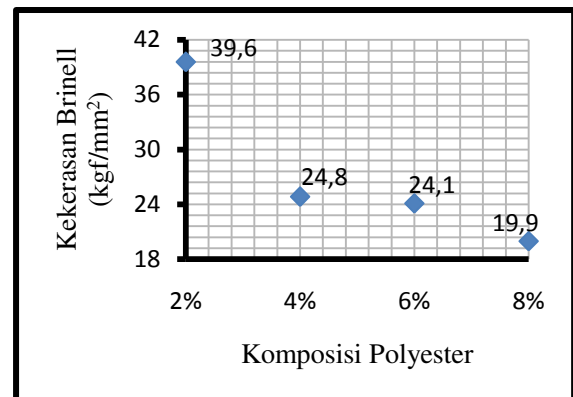
Melalui SEM EDX, diperlihatkan juga bahwa cuplikan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* mengalami kontaminasi oleh unsur-unsur lain (selain serbuk PrFeB dan serbuk *polyester*) pada proses pembuatannya, yaitu unsur Si dan O yang diperkirakan penyebabnya adalah kurang maksimalnya pembersihan alat yang digunakan dalam proses pencampuran bahan baku hingga proses kompaksi. Unsur Si dan O disini merupakan unsur-unsur pembentuk *binder silicone rubber*.

Jika dibandingkan dengan hasil SEM EDX *bonded magnet* dengan *binder polyester* pada gambar 3.3., *bonded magnet* dengan *binder silicone rubber* terlihat lebih homogen. Hal tersebut dikarenakan oleh *silicone rubber* yang digunakan merupakan *liquid* yang lebih mudah dicampur dengan serbuk magnet PrFeB. *Bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* ini juga mengalami sedikit kontaminasi oleh unsur-unsur lain (selain serbuk PrFeB dan serbuk *silicone rubber*) pada proses pembuatannya, yaitu unsur Cl sebesar 0,48%.

3.2. Hasil Pengujian Mekanik

3.2.1. Kekerasan Brinell

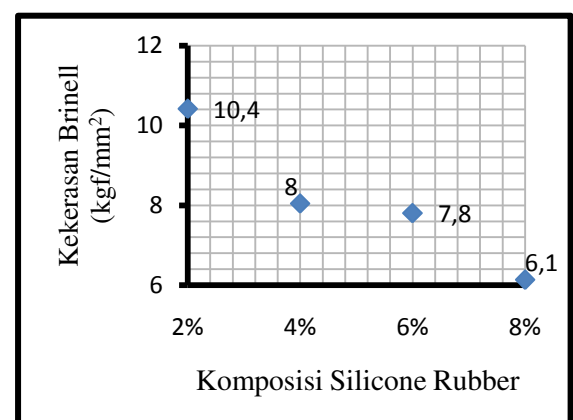
Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan untuk pengujian kekerasan Brinell pada cuplikan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Kekerasan Brinell Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Polyester

Dari gambar 3.5. terlihat bahwa semakin banyak penambahan *polyester* (%berat) pada serbuk PrFeB menurunkan kekerasan Brinell. *Polyester* merupakan jenis polimer yang memiliki sifat kekerasan yang rendah dibandingkan serbuk magnet PrFeB. Oleh sebab itu, semakin banyak *polyester* yang ditambahkan, maka akan terjadi penurunan sifat kekerasan pada *bonded magnet* PrFeB. Nilai kekerasan Brinell tertinggi yaitu pada penambahan 2% *polyester* senilai 39,6 BHN.

Sama halnya dengan hasil penguji kekerasan Brinell yang dilakukan pada cuplikan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester*, pengujian kekerasan Brinell yang dilakukan pada cuplikan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* juga mengalami penurunan nilai seiring dengan semakin bertambahnya komposisi *binder silicone rubber* dalam bentuk *liquid* (%berat) pada serbuk PrFeB. Hasil pengujian kekerasan Brinell cuplikan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* dapat dilihat pada gambar 3.6.



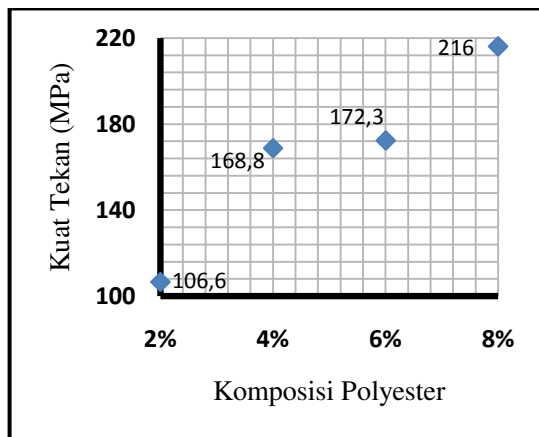
Gambar 3.6. Kekerasan Brinell Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Silicone Rubber

Dari gambar 3.6. menunjukkan bahwa penambahan *silicone rubber* (dalam bentuk *liquid*) pada

serbuk PrFeB (%berat) menurunkan sifat kekerasan Brinell *bonded magnet* PrFeB. Hal ini dikarenakan oleh *silicone rubber* memiliki sifat kekerasan yang sangat rendah jika dibandingkan dengan kekerasan serbuk magnet PrFeB. Nilai kekerasan Brinell tertinggi yaitu pada penambahan 2% *silicone rubber* senilai 10,4 BHN. Jika dibandingkan dengan penambahan *polyester* pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB, penambahan *silicone rubber* pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB memiliki nilai kekerasan yang jauh lebih kecil. Hal tersebut dikarenakan *silicone rubber* memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan *polyester*.

3.2.2. Kekuatan Tekan

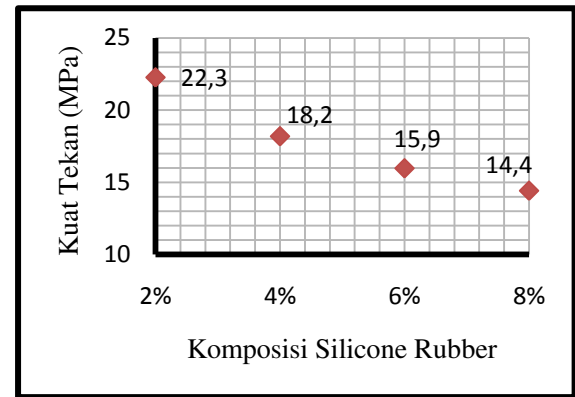
Hasil pengujian kekuatan tekan dari cuplikan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Kuat Tekan Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Polyester

Dari gambar 3.7. dapat dilihat bahwa semakin banyak komposisi *polyester* (%berat), semakin tinggi pula kekuatan tekan *bonded magnet* PrFeB. Hal ini dikarenakan nilai kekuatan serbuk *polyester* hampir mendekati nilai kekuatan serbuk PrFeB. Nilai kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada penambahan 8% *binder polyester* senilai 216 MPa.

Lain halnya dengan kekuatan tekan *bonded magnet* PrFeB *binder polyester*, kekuatan tekan *bonded magnet* PrFeB *binder silicone rubber* mengalami penurunan nilainya seiring bertambahnya komposisi *silicone rubber*. Hal ini dikarenakan *silicone rubber* memiliki nilai kekuatan tekan maksimum yang jauh lebih rendah dibandingkan nilai kekuatan tekan maksimum serbuk magnet PrFeB. Nilai kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada penambahan 2% *binder silicone rubber* senilai 22,3 MPa. Pengaruh komposisi *silicone rubber* terhadap kekuatan tekan *bonded magnet* PrFeB dapat dilihat pada gambar 3.8.

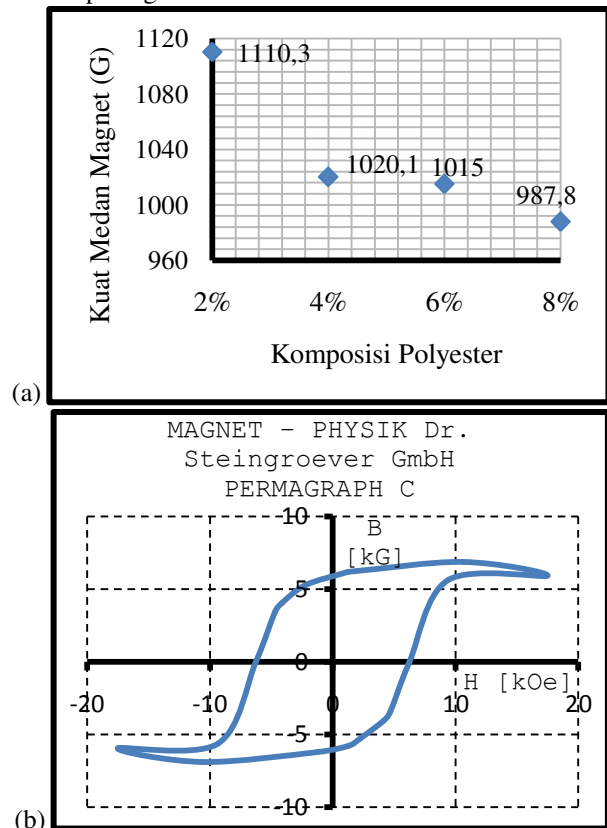


Gambar 3.8. Kuat Tekan Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Silicone Rubber

3.3. Hasil Pengujian Sifat Magnet

3.3.1. Sifat Magnet Bonded PrFeB dengan Binder Polyester

Hasil pengujian cuplikan terhadap sifat magnet dapat dilihat pada gambar 3.9.



3.9. (a) Kuat Medan Magnet Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Polyester, (b) Kurva Histerisis Bonded Magnet PrFeB dengan komposisi 2% Binder Polyester

Dari gambar 3.9. (a) terlihat bahwa kuat medan magnet tertinggi yaitu pada penambahan 2% *polyester*, senilai 1110,3 gauss. Kuat medan magnet tersebut terus menurun seiring dengan penambahan komposisi *polyester* (%berat) pada serbuk PrFeB. Hal ini disebabkan karena *polyester* tidak memiliki sifat magnet, maka dari itu penambahan komposisi *polyester* (%berat) pada *bonded magnet* PrFeB tidak mempengaruhi sifat magnetik *bonded magnet* PrFeB.

Pengujian sifat magnet juga dilakukan menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C*, dimana pada pengujian ini diperoleh kurva histerisis yang juga menampilkan energi produk $(BH)_{\max}$, Koersivitas H_c , dan Remanansi B_r . Pada kurva histerisis (gambar 3.9. (a)) terlihat bahwa *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* merupakan *hard magnetic material* (magnet permanen). Bahan magnet keras (magnet permanen) ditandai dengan nilai koersivitas H_c di atas 200 Oe, dimana H_c ini menyatakan besar medan magnet balik yang dibutuhkan untuk meniadakan kemagnetan suatu bahan. Sedangkan untuk kekuatan magnet (*magnetic field*) ditentukan oleh besarnya B_r dari suatu bahan, yaitu remanansi magnet yang tersisa di dalam bahan setelah pengaruh medan magnet diiadakan. Kedua besaran ini secara langsung dapat dilihat dari kurva histerisis hasil pengukuran menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C*. Energi produk maksimum $(BH)_{\max}$ dari magnet tersebut dihasilkan dari nilai maksimal hasil perkalian antara B dan H pada kuadran kedua kurva histerisis. Semakin tinggi nilai remanansinya, maka gaya koersif dan loop histerisis semakin “gemuk” dan semakin besar pula produk energinya (Sudirman, 2003). Data pengujian menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C bonded magnet* PrFeB dengan komposisi 2% *binder polyester* dapat dilihat pada tabel 3.1.

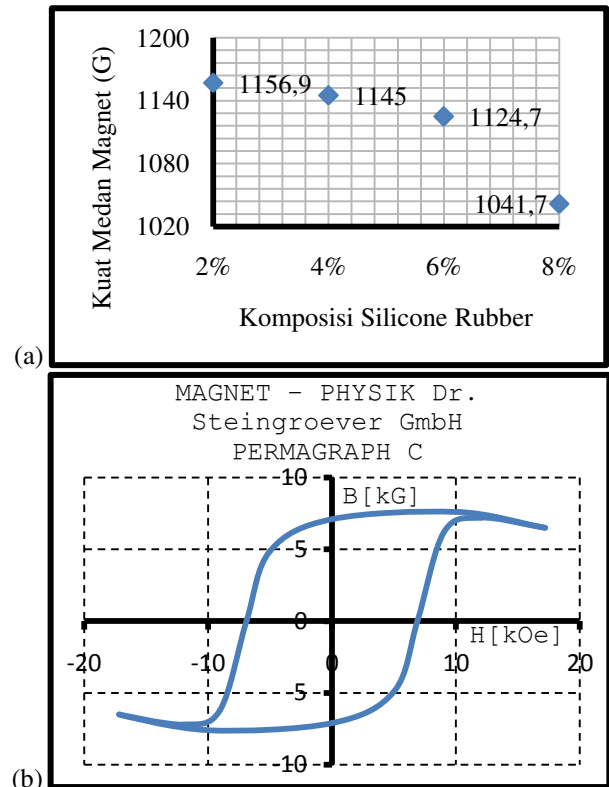
Tabel 3.1. Data Sifat Magnet Bonded Magnet PrFeB dengan komposisi 2% Binder Polyester

Kuat Medan Magnet (G)	Remanansi B_r (kG)	Koersivitas H_c (kOe)	Energi Produk Maksimum BH_{\max} (MGOe)
1110,3	6,77	6,029	6,64

Dari hasil yang diperoleh, terlihat bahwa *bonded magnet* PrFeB, memiliki koersivitas magnet (H_c) di atas 200 Oe, yaitu 6029 Oe. Hal ini membuktikan bahwa *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* bersifat *hard magnetic material* (material magnet keras), dengan kuat medan magnet 1031,03 gauss, remanansi 6,77 kG, dan energi produk 6,64 MGOe.

3.3.2. Sifat Magnet Bonded Magnet PrFeB dengan Binder Silicone Rubber

Dari hasil pengujian, kuat *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* untuk setiap variasi komposisi (%berat) dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. (a) Kuat Medan Magnet Bonded Magnet PrFeB Terhadap Pengaruh Komposisi (%berat) Silicone Rubber, (b) Kurva Histerisis Bonded Magnet PrFeB dengan Komposisi 2% Binder Silicone Rubber

Dari gambar 3.10. (a) tersebut terlihat bahwa kuat medan magnet tertinggi yaitu pada penambahan 2% *silicone rubber*, senilai 1156,9 gauss. Sama halnya dengan kuat medan magnet *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester*, kuat medan magnet *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* juga terus menurun seiring berkurangnya komposisi serbuk magnet PrFeB (%berat). Hal ini dikarenakan sifat magnet *bonded magnet* PrFeB hanya dipengaruhi oleh komposisi serbuk PrFeB (%berat).

Dari kurva histerisis pada gambar 3.10. (b) dapat dilihat bahwa *bonded magnet* PrFeB dengan *binder silicone rubber* merupakan magnet permanen (*hard magnetic*). Data pengujian sifat magnet *bonded magnet* PrFeB dengan komposisi 2% *binder silicone rubber* dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data Sifat Magnet Bonded Magnet PrFeB dengan Komposisi 2% Binder Silicone Rubber

Kuat Medan Magnet (G)	Remanansi B_r (kG)	Koersivitas H_c (kOe)	Energi Produk Maksimum BH_{\max} (MGOe)
1156,9	7,05	6,703	9,15

Dari tabel 3.2. dapat dilihat bahwa *bonded magnet* PrFeB dengan komposisi 2% *binder silicone rubber* merupakan magnet permanen, dengan koersivitas (H_c) sebesar 6703 Oe dan energi produk senilai 9,15 MGOe. Nilai energi produk maksimum $(BH)_{\max}$ tersebut juga menunjukkan bahwa *bonded*

magnet permanen PrFeB dengan *binder silicone rubber* memiliki nilai terbaik dibandingkan *bonded magnet* permanen PrFeB dengan *binder polyester*. Penggunaan magnet permanen dengan produk energi yang tinggi sangat sesuai dengan usaha miniaturisasi suatu produk teknologi, karena volume magnet yang diperlukan dapat diperkecil (Manaf, 2013).

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan pembuatan *bonded magnet* permanen PrFeB dengan *binder polyester* maupun *bonded magnet* permanen PrFeB dengan *binder silicone rubber* dengan nilai kepermanenan magnet mendekati sempurna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi *binder* dalam *bonded magnet* PrFeB mempengaruhi sifat mekanik *bonded magnet*, namun tidak mempengaruhi sifat magnet *bonded magnet* tersebut.

Jenis bahan perekat (%berat) yang mempengaruhi sifat mekanik *bonded magnet* permanen PrFeB terbaik dihasilkan pada pembuatan *bonded magnet* PrFeB dengan *binder polyester* senilai 39,6 BHN untuk kekerasan Brinell pada penambahan *polyester* 2% dan 216 MPa untuk nilai kekuatan tekan pada penambahan 8% *binder polyester*. Namun, sifat magnet terbaik dihasilkan pada pembuatan *bonded magnet* permanen PrFeB dengan 2% *binder silicone rubber*, dengan nilai kuat medan magnet sebesar 1156,9 G dan energi produk senilai 9,15 MGOe.

DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, Hasyim. 2008. Pengaruh Polutan Industri Terhadap Kinerja Mekanik Bahan Isolasi Resin Berpengisi Silicone Rubber dan Rice Husk Ash (Abu Sekam Padi). *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 9 (1): 98.
- Azom.com The A to Z of Materials. <http://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=920>. [24 Juli 2013, 08.38 WIB]
- Black, Jonathan. 1998. *Biomaterial Properties*. Chapman & Hall. London.
- Deswita, Aloma Karo Karo dan Sudirman. 2007. Pembuatan dan Karakterisasi Rigid Bonded Magnet Berbasis Logam Tanah Jarang (Nd-Fe-B) Berperekat Resin Poliester. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 126-131.
- Dieter, George E. 1986. *Mechanical Metallurgy*. 3rd Edition. Mc Graw-Hill Book. New York.
- Dyson, R W. 1990. *Engineering Polymers*. Blackie & Son Limited. USA.
- Gieras, Jacek F. 2012. *Transportation and Automation Systems*. Second Edition. CRC Press. USA.
- Gopel, W. 1989. *Sensors*. Volume 5. VCH. Germany.
- Idayanti. 2006. Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB dengan Energi Dispersive Spectroscopy (EDS). *Jurnal Elektronika*. 6 (2): 46-51.
- Keller *et al*. 2007. A Self-Healing Poly(dimethyl siloxane) Elastomer. *Advanced Functional Materials*. 17: 2399-2404.
- Kurniawan, Candra. 2013. Pembuatan Rigid Bonded Magnet Berbasis Pr-Fe-B untuk Komponen Generator Listrik Mini. Prosiding InSINas Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia; Solo, 23 Mei 2013.
- Kurniawan, Candra. 2012. Analisis Sifat Magnet dan Ketahanan Korosi Magnet Permanen Bonded RE-Fe-B Anisotropik dengan Pelapisan Logam Ni. Prosiding InSINas SIMPOSIUM FISIKA NASIONAL; Palangkaraya, 19-20 Oktober 2012.
- Liquid RTV silicone rubber mold releasing agent RTV-2silicone rubber, http://saitu.en.alibaba.com/product/1032930398-218687024/professional_supply_mold_making_silicone_rubber_Liquid_rtv_2_silicone.html . [21 Juli 2013, 10.51 WIB]
- Manaf, Azwar. Magnet Permanen. 2013. Laporan InSINas 2013–Intensive Course on Magnetism and Magnetic Materials; UI Depok, 2013. Hl, 1-21.
- MQP Product Spesification, <http://www.mqtechnology.com/>. [19 Juni 2013, 21.29 WIB]
- Product Information Silastic 94-595 Liquid Silicone Rubber, <http://www.uniqueelectronics.com/NEWLY%20UPDATED%20SPECS/94-595.pdf> . [21 Juli 2013, 11.31 WIB]
- Purchas, Derek B. 2002. *Handbook Of Filter Media*. Second Edition. Elsevier Science Ltd. Oxford.
- Sardjono, Priyo. 2012. Inovasi Teknologi Pembuatan Magnet Permanen Untuk Membangun Industri Magnet Nasional. Prosiding InSINas; 2012. Hl, 102-108.
- Stuart, Barbara H. 2003. *Polymer Analysis*. John Wiley & Sons, Ltd. England.
- Sudirman. 2003. Analisis Sifat Mekanik Magnet Komposit Berbasis Heksaferit dengan Matriks Poliester dan Epoksi pada Penambahan Aditif Silan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 5 (1): 39-44.
- Vlack, Lawrence H. Van. 2004. *Elemen – Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta.